

⑤

Int. Cl. 2:

H 03 F 1-34

⑱ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DT 24 15 313 A1

⑪

# Offenlegungsschrift 24 15 313

⑫

Aktenzeichen:

P 24 15 313.7-31

⑬

Anmeldetag:

29. 3. 74

⑭

Offenlegungstag:

2. 10. 75

⑳

Unionspriorität:

③② ③③ ③①

⑤④

Bezeichnung:

Breitband-Leitungsverstärker

⑦①

Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

⑦②

Erfinder:

Gölz, Hubert, Dipl.-Ing., 8034 Unterpfaffenhofen;  
Kretz, Wolfgang, Dr.-Ing., 8228 Freilassing

Prüfungsantrag gem. § 28b PatG ist gestellt

DT 24 15 313 A1

2415313

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Berlin und München

München, 29. MRZ 1974  
Wittelsbacherplatz 2

VPA 74/6546

### Breitband-Leitungsverstärker

Die Erfindung betrifft einen Breitband-Leitungsverstärker mit einem über ein eingangsseitiges und/oder ein ausgangsseitiges Brückennetzwerk angekoppelten Gegenkopplungsnetzwerk, bei dem jedes Brückennetzwerk eine parallel zum Eingang bzw. Ausgang des aktiven Teils des Verstärkers liegende Serienschaltung aus einer einen Parallelschwingkreis aufweisenden ersten Impedanz, einen reellen Bezugswiderstand und einer hinsichtlich des Bezugswiderstandes zur ersten Impedanz widerstandsreziproken zweiten Impedanz enthält, wobei das Eingangs- bzw. Ausgangssignal des Verstärkers an der Serienschaltung aus der ersten Impedanz und dem Bezugswiderstand anliegt und das Gegenkopplungsnetzwerk an die Serienschaltung aus dem Bezugswiderstand und der zweiten Impedanz angeschaltet ist.

Ein Breitbandverstärker mit einem eingangsseitigen Brückennetzwerk der vorgenannten Art ist aus der deutschen Offenlegungsschrift 1 913 302 bekannt.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Breitband-Leitungsverstärker der eingangs genannten Art mit einem den ansteigenden Frequenzgang des zu entdämpfenden Kabelabschnittes entsprechenden Verstärkungsgang anzugeben, welcher insbesondere am oberen Ende des Übertragungsfrequenzbandes günstige Rauscheigenschaften aufweist und oberhalb dieses Frequenzbandes Eigenschaften aufweist, die eine gute Stabilität der Gegenkopplungsschleife bedingen.

VPA 9/631/1006 Rky/Wis

- 2 -

509840/0621

BEST AVAILABLE COPY

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß durch einen parallel zu dem Parallelschwingkreis der ersten Impedanz liegenden Serienschwingkreis mit einem in Serie liegenden Bedämpfungswiderstand gelöst.

Durch die erfindungsgemäße Maßnahme wird erstens im oberen Bereich des Übertragungsfrequenzbandes eine geringe Dämpfung des Außenweges, d.h. des Weges zwischen dem Eingang bzw. Ausgang des Leitungsverstärkers einerseits und dem Eingang bzw. Ausgang von dessen aktivem Teil andererseits erreicht, woraus optimale Rauscheigenschaften resultieren, und zweitens ergibt sich, oberhalb des Übertragungsfrequenzbandes ein sehr günstiger Frequenzgang von Betrag und Phase des Innenweges, d.h. des Weges zwischen Gegenkopplungsnetzwerk und aktivem Teil, wodurch die außen angeschlossenen Übertrager mit ihren parasitären Elementen unwirksam werden und eine sehr hohe Schleifenverstärkung der Gegenkopplung bei guter Stabilität erzielbar ist.

Nachstehend wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Zeichnung zeigt in

Fig. 1 den Breitband-Leitungsverstärker in vereinfachter Gesamtdarstellung und in

Fig. 2 erfindungsgemäße Details des Breitband-Verstärkers nach Fig. 1.

Die Anordnung nach Fig. 1 ist - mit Ausnahme der Ausbildung des Gegenkopplungsnetzwerkes als Quierzweipol ZR - an sich bekannt. Sie enthält den Eingangsübertrager Ü1, das eingangseitige Brückennetzwerk Z11, R10, Z12, den aktiven Teil V des Breitband-Leitungsverstärkers, das ausgangsseitige Brückennetzwerk Z21, R20, Z22, den Ausgangs-

übertrager  $\bar{U}_2$  und das als Quersweipol ZR ausgebildete Gegenkopplungsnetzwerk. An die Primärwicklung des Eingangsübertragers  $\bar{U}_1$  ist die Signalquelle G mit dem Innenwiderstand RG, an die Sekundärwicklung des Ausgangsübertragers  $\bar{U}_2$  ist der Lastwiderstand RL angeschlossen.

Das eingangsseitige Brückennetzwerk enthält die parallel zum Eingang 3-0 des aktiven Teils V liegende Serienschaltung aus der ersten Impedanz Z11, dem reellen Bezugswiderstand R10 und der zweiten Impedanz Z12. Das auf der erdfreien Sekundärwicklung des Eingangsübertragers  $\bar{U}_1$  gelieferte übersetzte Eingangssignal liegt an den Klemmen 1-2 und damit an der Serienschaltung aus der ersten Impedanz Z11 und dem Bezugswiderstand R10 an. Die Ausgangsklemmen 4-0 des Gegenkopplungsnetzwerkes ZR sind an die Serienschaltung aus dem Bezugswiderstand R10 und der zweiten Impedanz Z12 angeschlossen. In gleicher Weise enthält das ausgangsseitige Brückennetzwerk die parallel zum Ausgang 5-0 des aktiven Teils V liegende Serienschaltung aus der ersten Impedanz Z21, dem reellen Bezugswiderstand R20 und der zweiten Impedanz Z22. Das an die erdfreie Primärwicklung des Ausgangsübertragers  $\bar{U}_2$  gelieferte primärseitige Ausgangssignal liegt an den Klemmen 7-8 und damit an der Serienschaltung aus der ersten Impedanz Z21 und dem Bezugswiderstand R20 an. Die Eingangsklemmen 6-0 des Gegenkopplungsnetzwerkes ZR sind an die Serienschaltung aus dem Bezugswiderstand R20 und der zweiten Impedanz Z22 des ausgangsseitigen Brückennetzwerkes angeschlossen. Die jeweils mit 0 bezeichneten Klemmen liegen auf dem gemeinsamen Bezugspotential.

Fig. 2 zeigt, daß die erste Impedanz Z11 des eingangsseitigen Brückennetzwerkes und die dazugehörige zweite Impedanz Z12 zueinander dual aufgebaut sind. Darüber hinaus sind die Impedanzen Z11 und Z12 hinsichtlich des Bezugswiderstandes R10 auch zueinander widerstandsreziprok bemessen, d.h. es gilt

VPA 9/631/1006

für die Werte  $Z_{11} \cdot Z_{12} = R_{10}^2$  im gesamten relevanten Frequenzbereich. Das gleiche gilt für die Zweipole des nicht näher dargestellten ausgangsseitigen Brückennetzwerkes, bei welchem die erste Impedanz  $Z_{21}$  und die zweite Impedanz  $Z_{22}$  zueinander dual aufgebaut sind und hinsichtlich des dazugehörigen Bezugswiderstandes  $R_{20}$  zueinander widerstandsreziprok bemessen sind, so daß gilt  $Z_{21} \cdot Z_{22} = R_{20}^2$ .

Die jeweiligen Widerstandsreziprozitäten bedingen, daß das Klemmenpaar 1-2 der übersetzten Eingangsquelle vom Ausgangsklemmenpaar 4-0 des Gegenkopplungsnetzwerkes entkoppelt ist und in gleicher Weise das Klemmenpaar 7-8 der übersetzten Last vom Eingangsklemmenpaar 6-0 des Gegenkopplungsnetzwerkes  $Z_R$  entkoppelt ist.

Die erste Impedanz  $Z_{11}$  des eingangsseitigen Brückennetzwerkes enthält erstens den Parallelschwingkreis mit den Elementen  $L_1$  und  $C_1$  und zweitens den parallel hinzugeschalteten Serienschwingkreis mit den Elementen  $L_2$ ,  $C_2$  sowie dem in Serie liegenden Bedämpfungswiderstand  $R_2$ . In Serie zu der Induktivität  $L_1$  des Parallelschwingkreises liegt noch der weitere Bedämpfungswiderstand  $R_1$ , dessen Wert jedoch auch zu Null werden und somit dieses Bauelement  $R_1$  auch entfallen kann. Die erste Impedanz  $Z_{21}$  des nicht näher dargestellten ausgangsseitigen Brückennetzwerkes ist in gleicher Weise aufgebaut.

Die zweite Impedanz  $Z_{12}$  (bzw.  $Z_{22}$ ) enthält erstens den Serienschwingkreis mit den Elementen  $L_3$  und  $C_3$  und zweitens den in Serie geschalteten Parallelschwingkreis mit den Elementen  $L_4$ ,  $C_4$  sowie dem parallel liegenden Bedämpfungswiderstand  $R_4$ . Parallel zu der Kapazität  $C_3$  des Serienschwingkreises liegt noch der weitere Bedämpfungswiderstand  $R_3$ , dessen Wert jedoch auch unendlich groß werden und somit dieses Bauelement  $R_3$  analog zu dem hierzu dualen Bauelement  $R_1$  auch entfallen kann.

Fig. 2 zeigt weiterhin, daß zwischen das Klemmenpaar 1-2 der übersetzten Eingangsquelle für das eingangsseitige Brückennetzwerk und die Sekundärwicklung des Eingangsübertragers Ü1 eine symmetrische Drossel D mit je einer Wicklung für die Klemmen 1 und 2 eingeschaltet ist. Diese Drossel D bewirkt bei Frequenzen oberhalb des Übertragungsfrequenzbereiches eine Entkopplung zwischen dem eingangsseitigen Brückennetzwerk und dem Eingangsübertrager Ü1. Die analoge Maßnahme kann auch am Ausgang des Verstärkers vorgesehen sein, wodurch bei dem genannten Frequenzbereich eine Entkopplung zwischen dem ausgangsseitigen Brückennetzwerk und dem Ausgangsübertrager Ü2 bewirkt wird. Durch diese Maßnahmen wird bewirkt, daß die parasitären Elemente der Übertrager Ü1 und Ü2 bei den hohen Frequenzen keinen Einfluß mehr auf die Gegenkopplungsschleife nehmen können, wodurch die Stabilität der Gegenkopplungsschleife bis zu den höchsten Frequenzen hin zusätzlich verbessert werden kann.

Der Leistungsverstärker gemäß dem Ausführungsbeispiel hat beispielsweise in einem Übertragungsfrequenzbereich von 4 bis 60 MHz die mit der Frequenz gemäß einer Wurzelfunktion ansteigende Dämpfung eines Kabels aufzuheben. Hierbei müssen die Signale am oberen Frequenzbandende am stärksten verstärkt werden, wobei bei diesen Frequenzen gleichzeitig optimale Rauschverhältnisse vorliegen sollen. Die Impedanzen der Brückennetzwerke sind daher derart ausgestaltet und deren Elemente derart bemessen, daß die Dämpfungen des jeweiligen Brückennetzwerkes auf dem Außenweg, d.h. dem Weg zwischen den Klemmen 1-2 des übersetzten Eingangssignals (bzw. zwischen den Klemmen 7-8 des primärseitigen Ausgangssignals) und den Eingangsklemmen 3-0 (bzw. Ausgangsklemmen 5-0) des aktiven Teils V am oberen Ende des Übertragungsfrequenzbandes möglichst geringe Werte annehmen. Dagegen nimmt die Dämpfung der Brückennetzwerke auf dem Innenweg, d.h. dem Weg zwischen den Ausgangsklemmen 4-0 (bzw. Eingangs-

VPA 9/631/1006

- 6 -

509840/0621  
ORIGINAL INSPECTED

klemmen 6-0) des Gegenkopplungsnetzwerkes ZR und den Eingangsklemmen 3-0 (bzw. Ausgangsklemmen 5-0) des aktiven Teils V in dem genannten Frequenzbereich vergleichsweise große Werte an. Überlegungen im Rahmen der Erfindung führen weiterhin dazu, daß die Dämpfungsdifferenz zwischen dem Innenweg und dem Außenweg bei den beiden Brückennetzwerken innerhalb des Übertragungsfrequenzbereiches mit zunehmender Frequenz leicht ansteigen soll, wobei bei den tiefen Frequenzen die Dämpfung im Innenweg nur wenig und bei den höheren Frequenzen stärker über der Dämpfung des Außenweges verläuft.

Ein erstes Bemessungsbeispiel trägt der vorerwähnten Überlegung Rechnung, wobei von einem Wert des Bezugswiderstandes  $R_{10}$  bzw.  $R_{20}$  von 75 Ohm ausgegangen ist:

$$\begin{array}{ll} R_1 = 120,7 \, \Omega & R_2 = 501 \, \Omega \\ L_1 = 563 \, \text{nH} & L_2 = 1,96 \, \mu\text{H} \\ C_1 = 18,6 \, \text{pF} & C_2 = 10,55 \, \text{pF} \end{array}$$

Bei einem zweiten Bemessungsbeispiel, welches ebenfalls von den Werten  $R_{10} = R_{20} = 75 \, \text{Ohm}$  ausgeht, ist der Bedämpfungswiderstand  $R_1$  in Serie zu der Induktivität  $L_1$  des Parallelschwingkreises der ersten Impedanz  $Z_{11}$  bzw.  $Z_{21}$  fortgelassen:

$$\begin{array}{ll} R_1 = 0 \, \Omega & R_2 = 500 \, \Omega \\ L_1 = 350 \, \text{nH} & L_2 = 1 \, \mu\text{H} \\ C_1 = 8 \, \text{pF} & C_2 = 3 \, \text{pF} \end{array}$$

Bei beiden Bemessungsbeispielen ergeben sich die Werte der Elemente der zweiten Impedanz  $Z_{12}$  bzw.  $Z_{22}$  durch Impedanzreziprozität am Bezugswiderstand  $R_{10} = R_{20} = 75 \, \text{Ohm}$ . Z.B. gilt  $L_3 = R_{10}^2 \cdot C_1$ ;  $C_3 = L_1 : R_{10}^2$ .

Das Gegenkopplungsnetzwerk ZR mit den eingangsseitigen Klemmen 6-0 und den ausgangsseitigen Klemmen 4-0 besteht - wie aus der Anordnung nach Fig. 1 ersichtlich - lediglich aus einem Quersweipol ZR. Dieser Quersweipol ZR ist frequenzabhängig und regelbar bzw. einstellbar ausgestaltet.

5 Patentansprüche

2 Figuren

VPA 9/631/1006

- 8 -

509840/0621



P a t e n t a n s p r ü c h e

- ① Breitband-Leitungsverstärker mit einem über ein eingangsseitiges und/oder ein ausgangsseitiges Brückennetzwerk angekoppelten Gegenkopplungsnetzwerk, bei dem jedes Brückennetzwerk eine parallel zum Eingang bzw. Ausgang des aktiven Teils des Verstärkers liegende Serienschaltung aus einer einen Parallelschwingkreis aufweisenden ersten Impedanz, einen reellen Bezugswiderstand und einer hinsichtlich des Bezugswiderstandes zur ersten Impedanz widerstandsreziproken zweiten Impedanz enthält, wobei das Eingangs- bzw. Ausgangssignal des Verstärkers an der Serienschaltung aus der ersten Impedanz und dem Bezugswiderstand anliegt und das Gegenkopplungsnetzwerk an die Serienschaltung aus dem Bezugswiderstand und der zweiten Impedanz angeschaltet ist, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h einen parallel zu dem Parallelschwingkreis der ersten Impedanz ( $Z_{11}$  bzw.  $Z_{21}$ ) liegenden Serienschwingkreis ( $L_2$ ,  $C_2$ ) mit einem in Serie liegenden Bedämpfungswiderstand ( $R_2$ ).
2. Breitband-Leitungsverstärker nach Anspruch 1, d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Induktivität des Parallelschwingkreises der ersten Impedanz ( $Z_{11}$  bzw.  $Z_{21}$ ) ein weiterer Bedämpfungswiderstand ( $R_1$ ) in Serie geschaltet ist.
3. Breitband-Leitungsverstärker nach Anspruch 1 oder 2, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h je eine symmetrische Drossel zwischen dem Eingangsübertrager ( $U_1$ ) bzw. dem Ausgangsübertrager ( $U_2$ ) und dem eingangsseitigen bzw. ausgangsseitigen Brückennetzwerk.

VPA 9/631/1006

- 9 -

509840/0621

4. Breitband-Leitungsverstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das zwischen dem ausgangsseitigen und dem eingangsseitigen Brückennetzwerk eingeschaltete Gegenkopplungsnetzwerk lediglich aus einem Quierzweipol (ZR) besteht.
5. Breitband-Leitungsverstärker nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Quierzweipol (ZR) frequenzabhängig und regelbar bzw. einstellbar ausgestaltet ist.

VPA 9/631/1006

509840/0621

**10**  
Leerseite

. AA.

Fig. 1

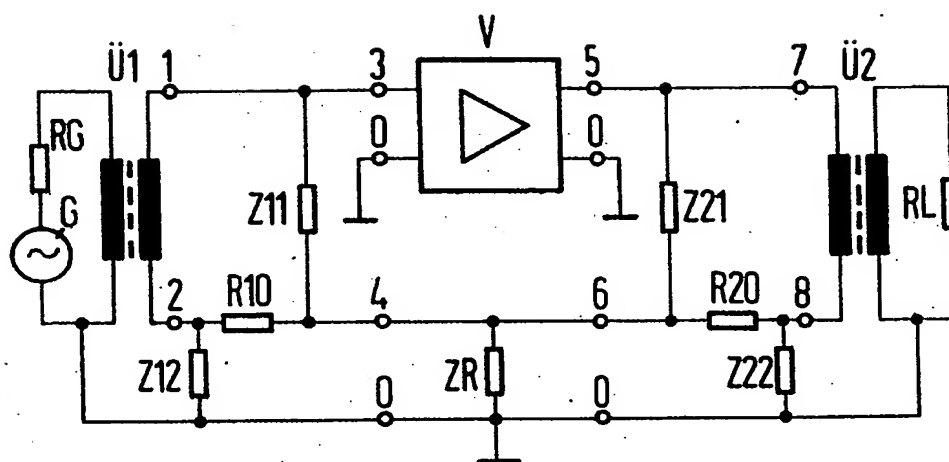
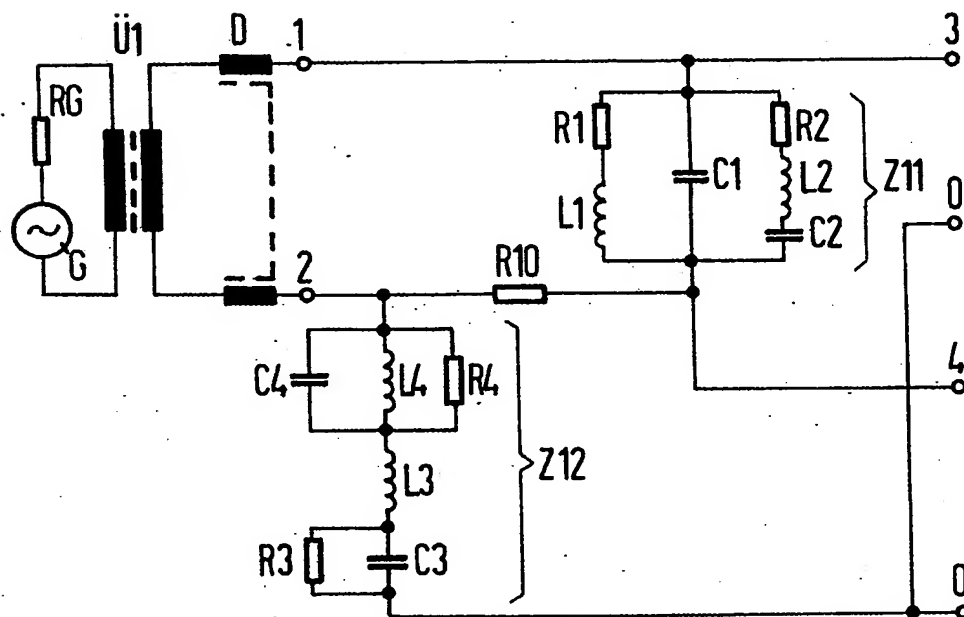


Fig. 2



509840/0621

H03F

1-34

AT:29.03.1974 01:02.10.1975

Siemens AG